



Kun Róbert – Pálinkás Gergely István – Schmidtka Gábor

A hazai akkumulátorcella-gyártásból származó hulladékok jogi helyzete, jellege és mennyiségi viszonyai

A magyarországi lítiumion-akkumulátorcella- és -komponensgyártás aktuális helyzete

Az akkumulátorkomponens- és -cellagyártó iparág Magyarországon az elmúlt években látványos növekedésnek indult. A sajtóban többször említett távol-keleti eredetű akkumulátorcella-gyártó vállalatok mellett számos, úgynevezett akkumulátorkomponens-gyártó is megkezdte tevékenységét hazánkban. Ennek eredménye, hogy lényegében a lítiumion- (Li-ion-) akkumulátorokban felhasznált, elektrokémiai értelemben aktív és inaktív komponensek szinte valamennyi típusát elkezdték gyártani vagy hamarosan megindul ezen komponensek viszonylag nagyobb volumenben történő előállítása. Többek között gyártanak hazánkban fém hordozóóliákat (Al, Cu), polimer kötőanyagot (pl. CMC), poliolefinalapú szeparátorfóliát, elektrolitoldatot kevernek kész összetételre, valamint a cella és a modul vagy pakk készítéséhez szükséges egyéb fém- és nemfémes komponenseket tartalmazó alkatrészeket. Ezen túlmenően hamarosan katódaktívanyag-gyárak kezdhetik meg a nagy volumenű termelést két helyszínen. Az akkumulátorpiacot érintő keresleti fluktuációk értelemszerűen befolyásolják a komponensgyártás volumenét is, jóllehet iparági háttérbeszélgetések során a gyártók (cella és komponens) az iparág rövid időn belüli komolyabb felfutásával számolnak.

A Li-ion-akkumulátorok előállítása során számos melléktermék, hulladékáram, ezen belül veszélyes és nem veszélyes hulladék keletkezik a különböző gyártási fázisok során. Ideértendők tehát valamennyi komponens-, majd akkumulátorcella-gyártás esetében az elektródgyártás, a cellák összeszerelése és a cellák elektrokémiai formázási lépése során keletkező hulladékfajták is. E hulladéktípusok minőségi és mennyiségi ismerete kulcsfontosságú az iparág potenciális környezeti hatásainak megismerése, illetve adott esetben mérséklése, valamint a biztonságos hulladékkezelés biztosítása érdekében. Fontos szempont, hogy megismerjük valamennyi akkumulátor-értéklánchoz köthető hulladékáramot, ugyanis ezek gyűjtése, kezelése, hasznosítása mind gazdasági, mind környezetvédelmi, mind fenntarthatósági szempontok miatt rendkívüli fontosságú. 2025-ben a Magyar Akkumulátor Szövetség gondozásában elkészült egy átfogó tanulmány, melyben a 2023. évre (mely lezárt teljes évnél minősül a tanul-

mány készítése idején) vonatkozólag részletesen vizsgálták, hogy hazánkban az akkumulátor-értéklánban érdekelt gazdasági társaságok tevékenysége során mely hulladékáramok keletkezésével kell számolni, és figyelembe véve a társaságok által megadott és jelentett mennyiségeket, ezek feldolgozása, ártalmatlanítása, újrahasznosítása megoldott-e Magyarországon¹. Ezek az adatok és információk az érintett gazdálkodó szervezetek adatszolgáltatásából, hulladékgazdálkodási engedélyeiből, egységes környezet-használati engedélyeiből, engedélyezési dokumentációiból származnak. Megjegyzendő, hogy a kvalitatív és kvantitatív elemzés alapjául a Li-ion-akkumulátorkomponens- és -cellagyártók által jelelt és az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer (OKIR) Egységes Hulladékgazdálkodási Információs Rendszer (EHIR) moduljában található hulladékmennyiségi adatokat használták fel. Az elemzés hulladékazonosító kódokként történt, és ezeket a mennyiségi adatokat összesítették az említett tanulmányban. Fontos lehet megjegyezni, hogy a hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendeletben alkalmazott hulladéktípusok az Európai Unióban mindenhol egyformán alkalmazandók, és ennek alapján bizonyos esetekben nem volt lehetőség a keletkező hulladékok precíz azonosítására. Lényeges, hogy az Európai Bizottság 2025. március 5-én elfogadta a hulladékjegyzékről szóló 2000/532/EK határozat módosítását, amely tartalmazza a lítiumion-akkumulátorok hulladékainak önálló hulladékazonosító kódjait (HAK-kódjait), valamint a hulladékkumulátorok kezeléséből származó hulladékokra meghatározott új hulladékazonosító kódokat is. Ez a határozat 2026. december 9-től alkalmazandó, ami maga után vonja a hazai jogszabályi környezet, valamint a hulladékkezelési engedélyek módosítását, de indokolt esetben átmeneti időszak biztosításával a határidő hosszabbítható.

A termelési hulladékok és a kiterjesztett gyártói felelősségi rendszer hatálya alá tartozó körforgásos termékek és hulladékaik

A gyártási folyamatok során képződő hulladékáramok kapcsán érdemes megjegyezni, hogy a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról szóló, 2018. május 30-i (EU) 2018/851 eu-

¹ https://www.hu-ba.hu/wp-content/uploads/2025/06/Akkumulator-ujrahasznositas-es-kapcsolodo-veszelyeshulladek-kezeles-Magyarorszagon_Muhelytanulmany_2025.06.06.pdf



rópai parlamenti és tanácsi irányelv rendelkezései alapján a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvénybe (Ht.) épített minimumkövetelmények részletszabályait tartalmazó, a kiterjesztett gyártói felelősségi rendszer működésének részletes szabályairól szóló 80/2023. (III. 14.) kormányrendelet értelmében az akkumulátorgyártás során keletkező gyártási selejt és egyéb hulladékok nem tartoznak a hulladékgazdálkodási koncesszió hatálya alá, ezek a termelési hulladék kategóriába tartoznak. Ennek magyarázata, hogy ezek a „gyártásközi selejt” hulladékok nem körforgásos termékből keletkeznek (azaz nem a már forgalomba hozott akkumulátorcella, -modul, -csomag egységekből származnak), mivel *de facto* nem jött létre a körforgásos termék, amelyből hulladék képződhetett volna. Tehát a kiterjesztett gyártói felelősségi rendszerrel abban az esetben érintettek az akkumulátor-hulladékok, ha azokat Magyarország területén hozták forgalomba, majd valamilyen ok folytán hulladékká váltak (pl. használt elektromosautó-akkumulátor vagy elektronikai termékek amortizációs akkumulátorai). Ezért az akkumulátorgyártás, valamint az amortizációs (életciklus végi) akkumulátorok esetében más irányító elvek szerint kezelik, ártalmatlanítják, hasznosítják a hulladékokat.

Az egyik esetben, amikor a „gyártásközi selejt” akkumulátorok kezeléséről kell gondoskodni, akkor a Ht. 31. § (2) bekezdés b) pontja szerint kell eljárni. Ennek értelmében ezek nem tartoznak a koncesszió hatálya alá, hanem annak megfelelő kezeléséről a hulladékbirtokosnak, hulladéktermelőnek kell gondoskodnia – amennyiben engedéllyel rendelkezik, saját magának vagy megfelelő engedéllyel rendelkező hulladékkezelő partnernek. A gyártási hulladék kezelése és lehetőség szerinti hasznosítása tagállamon belül, de akár külföldön is megvalósulhat. Szintén érdemes megjegyezni, hogy ezeknek a hulladékkoncesszió hatálya alá nem eső akkumulátorcella- és alapanyaggyártás során keletkező hulladékoknak a feldolgozása nem kizárólag Magyarországon történhet, hanem külföldön is megvalósulhat, figyelemmel a közelség elvére, a rendelkezésre álló hazai kapacitásokra, illetve a hulladékkezelés költségeire. Külföldi kezelésre történő kiszállításról 2026. május 20. napjáig a hulladékszállításról szóló, 2006. június 14-i 1013/2006/EK Európai Parlament és a Tanács rendelet (a továbbiakban: EK rendelet), 2026. május 21. után a hulladék-

szállításról szóló (EU) 2024/1157 rendelet előírásai az irányadók, azaz minden új bejelentést és engedélykérelmet már az új szabályok szerint kell benyújtani.

Az amortizációs (életciklus végi) akkumulátorok esetében más a helyzet. A magyar specialitásnak tekinthető hulladékgazdálkodási koncessziós rendszerben a koncessziós társaság köteles a kiterjesztett gyártói felelősségi rendszer (*EPR, azaz extended producer responsibility*) alá tartozó hulladék – így az első magyarországi forgalomba hozattal érintett lítiumion-akkumulátorok hulladékainak – átvételéről, gyűjtéséről, szállításáról, előkezeléséről és további kezelésre történő átadásáról gondoskodni. Megjegyezzük, hogy a hasznosításra nem terjed ki a koncessziós rendszer, azonban a hasznosítást végző gazdálkodó szervezetek a koncessziós körbe tartozó hulladékokat – így a hulladékká vált lítiumion-akkumulátorok is – kizárólag a koncessziós társaságtól vagy alvállalkozójától szerezhetik be.

A lítiumionakkumulátor-cella gyártása során keletkező hulladékok rövid bemutatása²

A lítiumion-akkumulátorok gyártása során számos melléktermék, veszélyes és nem veszélyes besorolású hulladék keletkezik a cellagyártás különböző fázisai során. Ezek a gyártási fázisok 1) az elektrodgyártás, 2) a cella-összeszerelés és 3) a cellák elektrokémiai formázása. A felsorolt folyamatok során keletkező hulladéktípusok megismerése kulcsfontosságú a környezeti hatások mérséklése és a biztonságos kezelés szempontjából is. A lítiumion-akkumulátorok gyártása során keletkező nem veszélyes és veszélyes hulladékok kezelése pedig létfontosságú a fenntartható termelési gyakorlatok és a környezeti hatások minimalizálása szempontjából.

² Felhasznált anyagok:

- 1) SK ON Hungary Kft. Előzetes Vizsgálati Dokumentáció – 2023. július (Generisk Kft.)
- 2) Contemporary Amperex Technology Hungary Kft. Akkumulátorgyártó üzem Debrecen, Környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési dokumentáció – 2022. november 28. (Enviprog Group Kft.)
- 3) Samsung SDI Magyarország Zrt. Biztonsági jelentés nyilvános változat – 2022. november (Generisk Kft.)
- 4) www.okir.hu



Az első gyártási fázist (*elektródgyártás*) tekintve Magyarországon *jelenleg* az alkalmazott gyártási technológiák esetén katód- és anódgyártás során jellemzően nagy mennyiségű és többféle típusú hulladék keletkezik. A folyamatos és gyors technológiai fejlődés miatt a felhasznált anyagok és ezáltal a keletkező hulladékok összetétele kisebb mértékben folyamatosan változik. Elképzelhető, hogy már a következő néhány éven belül újabb gyártástechnológiák megjelenése esetén vagy újabb akkumulátorkémiák bevezetése miatt részben eltérő anyagösszetételű hulladékok fognak keletkezni.

A jelenlegi gyártási helyzetet elemezve látható, hogy a negatív elektród (a cella kisütésekor az „anód”) gyártása során keletkezik az úgynevezett anódiszap, illetve ennek hulladéka. Ez jellemzően sötétszürke, fekete színű, iszapszerű vagy magas viszkozitású folyadék, melynek fő összetétele korom, grafit, oldószer (mely ultratiszta víz), kötőanyag (ez jellemzően karboximetil-celulóz (CMC), vagy sztirol-butadién gumi (SBR)) és egyéb adalékok. A hulladékok HAK-kód szerinti besorolása a termelő cég feladata és felelőssége, ezért az alábbiakban megadott kódok hivatalos adatszolgáltatásokon és piaci tapasztalatokon alapulnak. Az anódiszap-hulladék jellemző HAK-kód-besorolása a következő: „06 Szervetlen kémiai folyamatból származó hulladék 13 közelebbről meg nem határozott, szervetlen kémiai folyamatokból származó hulladék 99 közelebbről meg nem határozott hulladék.” Az anódiszappal szennyezett berendezések mosása, tisztítása során keletkezik az „anódos mosófolyadék”, mely sötétszürke vízbázisú folyadék, egyéb összetevői: korom, grafit por, víz és CMC vagy SBR kötőanyag, illetve egyéb adalékok. Jellemző HAK-kód-besorolása szintén „HAK 06 13 99”.

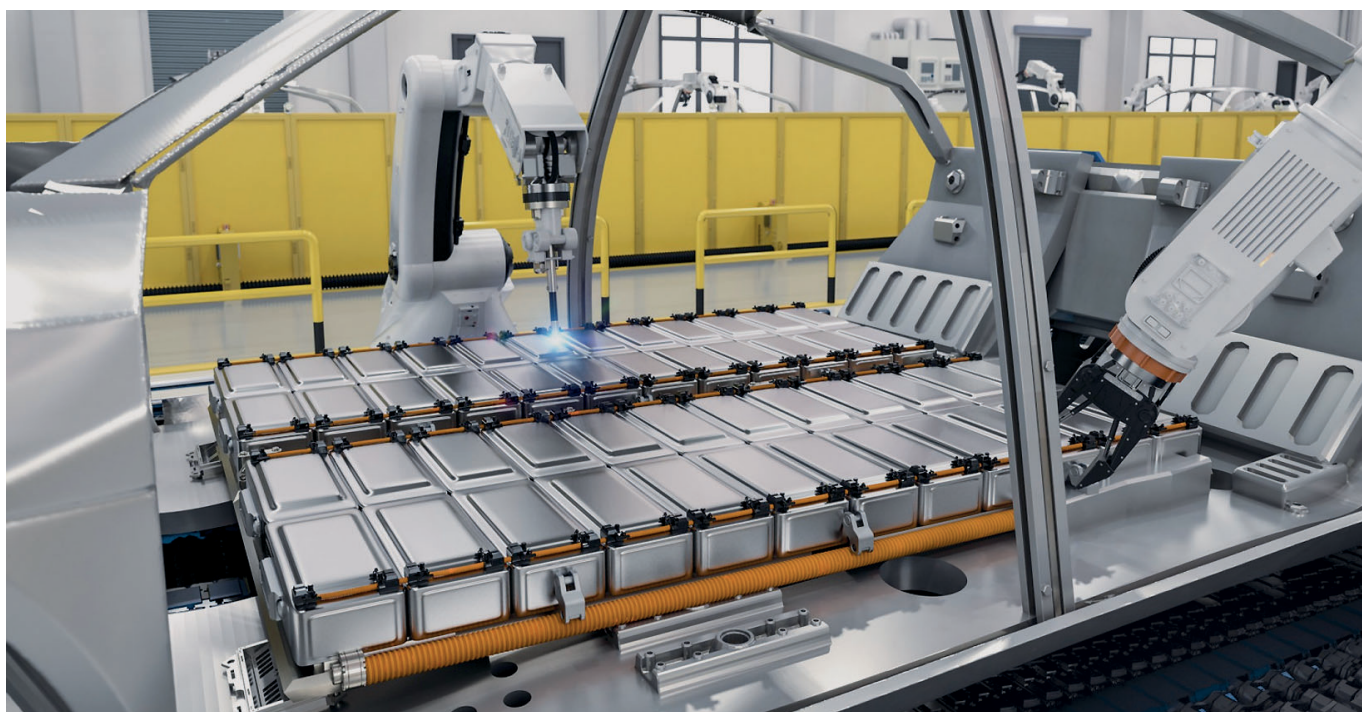
A pozitív elektród esetében keletkező hulladék (lásd „katódiszap”) megjelenését illetően szintén jellemzően sötétszürke, fekete színű, iszapszerű vagy magas viszkozitású folyadék, melynek fő összetevői a korom, az NMC (lítium-nikkel-mangánkobalt-oxidok), a szerves oldószer, ami NMP, azaz N-metil-2-pirrolidon, valamint a kötőanyag, amely jellemzően polivinilidén-difluorid (PVdF) vagy poli(tetrafluoretilén) (PTFE), de ezen túlmenően egyéb adalékok is megjelenhetnek alacsony koncentrációban. Ez a hulladékfajta veszélyes hulladéknak minősül és jel-

lemző HAK-kód-besorolása: „06 Szervetlen kémiai folyamatból származó hulladék 03 sók és oldatai, valamint fémoxidok termeléséből, kiszáradásából, forgalmazásából és felhasználásából származó hulladék 15* nehézfémeket tartalmazó fémoxid.” A pozitív elektród bevonatolása után, a szárítási folyamatban keletkezik NMP-vel szennyezett víz. Ez általában a gázmosókól származó, magas NMP-tartalmú vizet jelenti a gyakorlatban. Szintén veszélyes hulladéknak minősül, jellemző HAK-kód-besorolása: „16 Hulladékjegyzékben közelebbről nem meghatározott hulladék 10 a képződés telephelyén kívül történő kezelésre szánt vizes folyékony hulladék 01* veszélyes anyagokat tartalmazó vizes folyékony hulladék.”

A berendezések, például keverőüstök tisztítása során keletkezik a katódiszappal szennyezett mosófolyadék. Az előbbiekhöz hasonlóan ez a hulladék is sötétszürke színű, NMP-bázisú folyadék, melynek egyéb összetevői a korom NMC (lítium-nikkel-mangánkobalt-oxidok), a PVdF vagy PTFE kötőanyag és az említett egyéb adalékok. Nehézfém-tartalma miatt ez is veszélyes hulladék, jellemző HAK-kód-besorolása az NMP-vel szennyezett vízhulladékhoz hasonlóan „HAK 16 10 01*”.

Ezen túlmenően a gyártás során a szennyezett levegő tisztítására jelentős mennyiségű adszorbenst alkalmaznak, mely szennyezett adszorbenshulladékként jelenik meg a gyártási folyamatban. Ezek főként NMP-vel szennyezett aktív szén adszorbensek, melyek jellemzően veszélyes hulladékok, jellemző HAK-kód-besorolásuk: „15 Csomagolási hulladék, közelebbről meg nem határozott felitató anyagok (adszorbensek, törlőkendők, szűrőanyagok és védőruházat 02 abszorbensek, szűrőanyagok, törlőkendők és védőruházat 02* veszélyes anyagokkal szennyezett abszorbensek, szűrőanyagok (ideértve a közelebbről meg nem határozott olajszűrőket), törlőkendők, védőruházat.” Ugyanakkor keletkezik nem veszélyes hulladék besorolású adszorbens hulladék is, melynek HAK-kódja: 15 02 03 abszorbensek, szűrőanyagok, törlőkendők, védőruházat, amely különbözik a 15 02 02*-tól.

A negatív és pozitív elektródfóliák minőség-ellenőrzés során selejtezésre kerülhetnek, amiből különösen a gyártás próbaüzemi, kezdeti fázisában jelentős mennyiségű hulladék keletkezik.





A negatív elektródfólia-hulladék anyagösszetétele jellemzően a rézfólia, melyre vékony rétegben kötőanyaggal anód aktív anyagot (grafit, korom) vittek fel. Jellemző besorolása HAK 06 13 99, melyet az anódiszap-hulladék esetében is alkalmaznak. A pozitív elektródfólia-hulladék anyagösszetételére leginkább jellemző az alumíniumfólia, melyre vékony rétegben kötőanyaggal felvitt katód aktív anyag kerül (NMC, korom). Jellemző HAK-kód-besorolása a katódiszap-hulladékhoz hasonlóan HAK 06 03 15*. A negatív és pozitív elektródfóliák méretre szabásakor keletkezik az ún. notching (vágási hulladék), melynek jellemző HAK-kód-besorolása a fentebb már megismert HAK 06 03 15*, és ugyan-ezen kód alatt szerepelhet az a „száraz” akkumulátorcella-hulladék, melyet az elektrolitoldattal történő feltöltés előtt a minőségellenőrzésen kielejtettek.

Amennyiben egy akkumulátorcella az elektrolitoldat betöltése után bizonyul selejtnak, akkor ezt bontatlan cellahulladéknak nevezzük; ez tehát elektrolit oldattal már feltöltött, de már fizikailag lezárt cella. Jellemző HAK-kód-besorolása: „16 A hulladékjegyzékben közelebbről meg nem határozott hulladék 06 elemek és akkumulátorok 05 egyéb elemek és akkumulátorok.” A HAK 16 06 05 kód alá eső selejtcellákat több gyártó már a telep-

helyén előkezeli. A folyamat során a cellatasakat megbontják, a sérült cellát sóoldatba helyezik, a cella elektromosan mélykisütésen megy keresztül, és a folyamat során a korábban cellába töltött elektrolitoldat a sóoldatba kerül.

A bontott cella, illetve a vizes kisütésen átesett semlegesített cella veszélyes hulladék. Jellemző HAK-kód-besorolása eltérő a zárt cellákétól, azaz „16 A hulladékjegyzékben közelebbről meg nem határozott hulladék 02 elektromos és elektronikus berendezések hulladéka 15* kielejtett berendezésből eltávolított veszélyes anyag”, de besorolásra kerülhet mint „06 A hulladékjegyzékben közelebbről meg nem határozott hulladék 03 sók és oldata, valamint fémoxidok termeléséből, kiszerezéséből, forgalmazásából és felhasználásából származó hulladék 15* nehézfémeket tartalmazó fémoxid”. Megjegyzendő ez estben, hogy nincs egyértelmű besorolás, gyártókként eltérő lehet.

Az imént említett vizes kisütés eredményeként elektrolitoldattal szennyezett tömény sóoldat (kisütési víz) keletkezik. A kisütési folyamat során a leginkább használt nátrium-klorid-tartalmú sóoldat idővel elektrolitoldattal telítetté válik, így cserélni kell. A keletkező hulladékvíz értelemszerűen veszélyes hulladék. Jellemző HAK-kód-besorolása: „16 A hulladékjegyzékben közeleb-

1. táblázat. Katód- és anódgyártáshoz kapcsolódó hulladékok

1. Nyersanyag-bányászat/ Másodnyersanyag- visszaforgatás	2. Nyersanyag- finomítás	3. Katód- és anódszuspenzió- előállítás	4. Bevonatolás	5. Hengerlés	6. Méretre szabás	
ércsek: lítium, nikkel, obalt, alumínium, mangán, réz másodnyersanyagok: fém sók és oxidok	lítium-hidroxid, lítium-karbonát, kobalt-szulfát stb.	Katód és anód aktív anyagporok és oldószer (NMP), adalékanyagok keveréke	Katód esetén az NMC- vagy LFP- tartalmú katódiszap alumíniumfóliára, a grafit tartalmú anódiszap rézfóliára vékony rétegben kerül, majd szárítással az oldószert és a maradék vizet elpárologtatják, a ragasztó megköt.	Az anód- és katódlemezeket hengerlik egyenletes rétegvastagság elérése céljából.	Az anód- és katód-szalagokat megfelelő méretre szabják, szélezzik, kialakítják a csatlakozófüleket.	
		Hulladéktípus	HAK		Hulladéktípus	HAK
Magyarországon nem releváns	Magyarországon nem releváns	anódiszap	061399		notching – katód- és anódvágási hulladék	060315*
		katódiszap	060315*		selejtkatód	061399
		NMP-vel szennyezett víz (gázmosó)	161001*		selejtanód	060315*
		katódos mosófolyadék (NMP+NMC)	161001*			
		Anódos mosóvíz (magas korom-, grafén-, CMC- vagy SBR-tartalommal)	061399			
		szennyezett adszorbensek	150202*			
		szennyezett adszorbensek	150203			



2. táblázat. Az akkumulátorcella-gyártásból származó hulladékok

7. Hajtogatás, tekercselés	8. Hegesztés és cella-összeszerelés, csomagolás		9. Szárítás és feltöltés		10. Öregítés, tesztelés	
Az anód-, szeparátor- és katód-fóliákat meghatározott rétegszámmal egymásra rétegezik, kötegelik hengeres, prizmás vagy tasakos kialakításban.	Cellafülek összehesztése adapterekkel, adapterek és cellazárók összehesztése, cella becsomagolása, burkolása.		Végző szárítás, melyet elektrolittal történő feltöltés követ.		Öregítés során a cellákat töltési és kisütési ciklusokkal aktiválják, kialakul a SEI réteg. Tesztelés	
	Hulladéktípus	HAK			Hulladéktípus	HAK
	selejtcella – száraz	060315*	elektrolitos mosófolyadék	161001*	selejtcella (bontatlan)	160605
					selejtcella kisütési víz (elektrolittal szennyezett tömény sóoldat)	190211* vagy 161001*
					selejtcella bontott, vizes vagy száraz kisütés	060315* vagy 160215*
					szennyezett adszorbensek	150202*
					szennyezett adszorbensek	150203

3. táblázat Az akkumulátorcella-összeszerelés folyamatából származó hulladékok

11. Modulok összeszerelése	12. Akkumulátorpakk összeszerelése	13. Tesztelés és minőség-ellenőrzés	
A cellákat összekötik, modulokká építik össze.	A modulokat összekötik, megfelelő méretű és kapacitású akkumulátorpakká építik össze.	Az akkumulátorokat szigorú teszteknek vetik alá, beleértve a kapacitás, teljesítmény, hőstabilitás és biztonság ellenőrzését.	
		Hulladéktípus	HAK
		selejtakkumulátor (bontatlan)	160605
		selejtakkumulátor kisütési víz (elektrolittal szennyezett tömény sóoldat)	190211* vagy 161001*
		selejtakkumulátor (bontott)	060315* vagy 160215*

ről meg nem határozott hulladék 10 a képződés telephelyén kívül történő kezelésre szánt vizes folyékony hulladék 01* veszélyes anyagokat tartalmazó vizes folyékony hulladék”, de besorolásra kerülhet mint „19 Hulladékkezelő létesítményekből, a szennyvizet képződésének telephelyén kívül kezelő szennyvíztisztítókból, valamint az ivóvíz- és iparivíz-szolgáltatásból származó hulladék 02 hulladék fizikai kémiai kezeléséből (pl. krómtalanítás, ciántalanítás, semlegesítés) származó hulladék 11 veszélyes anyagokat tartalmazó egyéb hulladék”. Ezen hulladékfajta esetében sincs egységes besorolás, gyártóként eltérő lehet.

A vizes kisütési eljárás helyett környezeti szempontból kedvezőbb a „száraz”, azaz pusztán elektromos lemerítés, mivel ezt a mélykisütési módot használva nem keletkezik jelentős mennyiségű folyékony hulladék. A száraz kisütésből származó cella- és akkumulátorhulladékok lehetséges besorolása: „16 A hulladék-

jegyzékben közelebről meg nem határozott hulladék 02 elektromos és elektronikus berendezések hulladéka 13* veszélyes anyagokat tartalmazó kiselejtezett berendezés, amely különbözik a 16 02 09-től 16 02 12-ig terjedő hulladéktípusoktól.”

Egy további gyártási lépésben is keletkezhet elektrolitoldattal szennyezett mosófolyadék. Ez abban a folyamatban keletkezhet, amikor az akkumulátorcella elektrolitoldattal történő feltöltése során a cella kívülről elektrolittal szennyeződik (pl. túlfolyás), amit jellemzően vizes mosással tisztítanak. A keletkező elektrolitoldattal szennyezett víz veszélyes hulladék, jellemző HAK-kód-besorolása az előbbieken megismert HAK 16 10 01*.

A cellagyártás során keletkező gázok megkötésére adszorbenseket használnak, melyek telítődést követően hulladékká válnak, veszélyességüktől függően HAK 15 02 02* vagy HAK 15 02 03 HAK-kód-besorolást kapnak.



A cellák modulokká, majd akkupakká történő összeépítése, minőség-ellenőrzése során keletkező hulladék a selejtakkumulátorok és azok kezelésének hulladéka. Bontatlan akkumulátorhulladék esetében, ami az összeépített, fizikailag zárt selejtakkumulátort jelent, a jellemző HAK-kód-besorolás szintén HAK 16 06 05, hasonlóan a bontatlan cellahulladékhoz. Ugyanakkor a sérült, bontott akkumulátorhulladék ismételen a HAK 16 02 15*, lásd bontott, illetve vizes kisütésen átesett semlegesített cella, de ugyanúgy érvényes lehet a HAK 06 03 15*, és meg kell jegyeznünk, hogy ez esetben sincs egységes besorolás, ez gyártókként ismét eltérő lehet. A jelenleg alkalmazott gyakorlat szerint a selejtakkumulátorokat több gyártó már a telephelyén előkezeli. A folyamat során a selejtakkumulátorokat lemerítik, cellákra bontják, a cellákat a fentebb leírtak szerint kezelik (vizes semlegesítés, cellanyitás).

A fenti gyártási részfolyamatok során keletkező hulladékokat rövid jellemzéssel és a jellemző, használatban lévő HAK-kódok feltüntetésével az **1–3. táblázatban** foglaltuk össze.

Az akkumulátorcella-gyártásból származó hulladékok mennyiségi elemzése

Fentebb bemutatott az egyes cellagyártási folyamatokban keletkező hulladékáramokat. A továbbiakban aggregált adatokat felhasználva mutatjuk be, hogy az említett HAK-kódok alatt jegyzett hulladékfajták mekkora mennyiségben keletkeznek (a vizsgált és lezárt 2023. évben) a lítiumion-akkumulátorcella gyártása folyamán (**4. táblázat**).

4. táblázat. Az egyes HAK-kódok alatt az OKIR rendszerben nyilvántartott hulladékok 2023. évi mennyisége és a hazai kezelői kapacitások mértéke

HAK-kód	Cellagyártásból keletkezett mennyiség # (tonna)	Akkumulátor-hulladék-kezelői kapacitás (tonna/év)	Frakció nagysága ## (%)	Összes keletkezett mennyiség (tonna)
HAK 06 03 15*	6,122	7,900	61,3	9,982
¹ HAK 16 02 13*	(20,900)		–	1,459
² HAK 16 02 15*	175		–	3,377
### HAK 06 13 99	1,094	250,000	57,9	1,887
### HAK 15 02 02*	716	83,000	2,99	23,910
### HAK 15 02 03	30	40,000	0,61	4,934
HAK 16 06 05	3,853	12,800	37,2	10,351
HAK 16 10 01*	37,271	130,400	38,9	95,911
### HAK 19 02 11	1,515		17,3	8,774

OKIR-szűrés alapján, csak a cellagyártók tekintetében (alkatrész-, alanyag- és modulgyártók hulladékait nem tartalmazza).

Összes keletkezett mennyiségben az akkumulátorcella-gyártásból származó frakció nagysága.

A kapacitás a Magyarországon keletkezett összes hulladékra vonatkozik.

¹ HAK 16 02 13* hulladékazonosító kódú, veszélyes anyagokat tartalmazó kislejtezett berendezések tervezetten a 2026. évtől kezdődően fognak keletkezni a még építés alatt álló akkumulátorgyártóknál. Ebbe a kategóriába tartozik a hulladék-akkumulátorcella és a félkész akkumulátorcella. Az adat az engedélyezési dokumentációkból származik.

² HAK 16 02 15 hulladékazonosító kódú, kislejtezett berendezésből eltávolított veszélyes anyag a cellagyártás és az alkatrészgyártás során is fog keletkezni, tervezetten 175 tonna/év mennyiségben, 2026. évtől kezdődően. Ezek a hulladékok nem kizárólag gyártási selejtakkumulátorok vagy azok részei (katód, száraz jelly roll), hanem hulladékká vált elektronikai alkatrészek, amelyek kezelését a Sungeel Hitech Hungary Kft. mellett a HAK 16 02 14 hulladékazonosító kódú hulladékokat is feldolgozó magyarországi gazdálkodó szervezet végzik, amelyek együttes, elektromos és elektronikus berendezések hulladékaira vonatkozó előkezelői kapacitása megközelíti az 500 000 tonna/év mennyiséget.

³ 2023. évben a Samsung SDI Kft. gödi gyára és az SK ON Hungary Kft. komáromi üzeme tudott működni az engedélyezett kapacitás mellett (viszont iparági információk szerint mindössze 45–50%-os kapacitás mellett működtek ténylegesen), míg az SK ON Hungary Kft. iváncsai gyárában próbaüzem volt ebben az évben. A számításához figyelembe vettük, hogy az iváncsai üzemben keletkező hulladék kb. ötöde volt a komáromi gyárban termelődött hulladék mennyiségének. Azaz a 36 GWh és a 17 GWh mennyiség 50%-a, valamint a 30 GWh 20%-ának mennyisége adja ki a 2023. évi termelési kapacitást.



Az összekelői kapacitás ugyan 250 000 tonna/év felett van, azonban meg kell jegyezni, hogy a HAK 06 13 99 hulladékazonosító kódú, közelebbről meg nem határozott hulladék esetében csak a cellagyártásból származó hulladéknál jelent anódiszperziót, mely lerakás vagy hulladékégetés útján kerül ártalmatlanításra.

A HAK 15 02 02 hulladékazonosító kódú, „Veszélyes anyagokkal szennyezett abszorbensek, szűrőanyagok” elnevezésű hulladékot a gyűjtést, előkezelést követően nagyobb részt ártalmatlanítják, kisebb részt hasznosítják. A hulladékkezelési eljárások közül a legnagyobb mennyiséget a D10 kódon történő szárazföldi hulladékégetés és a D5 kódon történő lerakás teszi ki, de létezik R1 kódon történő, elsődleges tüzelő- vagy üzemanyagként történő felhasználás vagy más módon energia-előállítás, R3 kódon oldószerként nem használatos szerves anyagok visszanyerése, újrafeldolgozása is. Az engedélyezett hazai összkapacitás 80 000 tonna/év felett van.

A HAK 15 02 03 hulladékazonosító kódú, abszorbensek, szűrőanyagok, törlőkendők, védőruházat elnevezésű hulladék akkumulátorgyártással érintett aránya a teljes kezelt mennyiséghez viszonyítva 1% alatt van. A hulladék nagy része R3 kódon történő, oldószerként nem használatos szerves anyagok visszanyerésével, újrafeldolgozásával és D5 kódon történő lerakással valósul meg, közel 40 000 tonna/év engedélyezett kapacitás mellett.

A HAK 16 02 15 hulladékazonosító kódú, kiselejtezett berendezésből eltávolított veszélyes anyag nem kizárólag gyártási selejttakkumulátorokat, hanem hulladékká vált elektromos és elektronikus berendezéseket is jelenthet. Az akkumulátorgyártás során keletkező gyártási selejtek kezelése R4 kezelési kódon valósul meg, elsősorban a SungEel Hitech Hungary Kft. jóvoltából.

A HAK 16 06 05 hulladékazonosító kódú, egyéb elemek és akkumulátorok elnevezésű hulladék alá sorolandók be jelenleg a cellagyártás és a modulgyártás során keletkező selejttakkumulátorok. A hulladékok előkezelését, hasznosítását több magyarországi hulladékgazdálkodó szervezet is végzi.

A HAK 16 10 01 hulladékazonosító kódú, veszélyes anyagokat tartalmazó vizes folyékony hulladék elsősorban NMP-bázisú vizes hulladékot jelent, de katód- és anódiszperziót tartalmazó formában is keletkezik. A hazai hulladékhasznosítási kapacitás 163 850 tonna, amelyből 130 400 tonna a kifejezetten a cellagyártásból származó NMP-bázisú vizes hulladék hasznosítására vonatkozik, tehát a hazai hulladékkezelői kapacitás rendelkezésre áll.

A HAK 19 02 11 hulladékazonosító kódú veszélyes anyagokat tartalmazó egyéb hulladék az akkumulátorgyártásban mosási folyamatokban keletkező elektrolitos vizet jelenti, amelynek kezelése jelenleg ártalmatlanítás útján valósul meg, több mint 75 000 tonna/év engedélyezett kapacitás mellett.

A táblázatban felsorolt hulladékáramok esetében látható, hogy a legtöbb esetben az elérhető hivatalos dokumentációk alapján rendelkezésre áll a feldolgozói kapacitás, ugyanakkor a 2026-tól tervezetten keletkező HAK 16 02 13* esetében ez a megállapítás nem igaz. Emiatt a feldolgozói kapacitás ezen hulladékáramot illetően jelentős mértékű fejlesztésre és bővítésre szorul a közeli jövőben.

Továbbá fontos megjegyezni, hogy a jelenleg érvényben lévő HAK-gyűjtőkódokra van elvi, engedélyezett kapacitás, azonban az egyedi kezelést igénylő speciális jellegű akkumulátorhulladékokra vonatkozóan a tényleges kapacitások korlátozottan állnak rendelkezésre. A 2025. március 5-én megjelent, 2026. december

9-től érvénybe lépő új HAK-kódok szerint képzett hivatalos adatok alapján akkumulátorhulladékok kezelésére vonatkozólag a jövőben pontosabb helyzetértékelés végezhető.

Összefoglalás, konklúzió

A hazai lítiumion-akkumulátor-értéklánc 2023. évi adatai alapján megállapítható, hogy a cella- és komponensgyártásból származó hulladékáramok volumene és összetétele már iparági szinten is meghatározó. A cellagyártási folyamatok (elektroldgyártás, cellaösszeszerelés, elektrokémiai formázás és modul/pakképítés) minden szakasza jól körülhatárolható típusú, részben veszélyes hulladék keletkezésével jár, amelyek nagy része néhány jellemző HAK-kód alá sorolható.

A rendelkezésre álló OKIR-adatok alapján a legnagyobb mennyiségben jelentkező hulladéktípusok a nehézfém-tartalmú fém-oxidok (HAK 06 03 15*), az anódiszap (HAK 06 13 99), a bontatlan és selejtcellák/akkumulátorok (HAK 16 06 05), valamint az elektrolittal szennyezett vizes hulladékok (HAK 16 10 01*; részben HAK 19 02 11*). Ezek a frakciók több esetben a teljes hazai ipari eredetű mennyiség jelentős hányadát teszik ki – különösen a HAK 06 03 15* és HAK 06 13 99 esetében –, ami a cellagyártás hulladékgazdálkodási súlyát egyértelműen jelzi.

A feldolgozói kapacitások a 2023-as hivatalos adatok (OKIR, engedélyek) ismeretében részben elegendőek a képződött hulladékmennyiségek kezelésére, azonban 2026 végétől az akkumulátorgyártás tervezett felfutása több területen kapacitásbővítést tesz szükségessé. Külön figyelmet igényel a veszélyes anyagokat tartalmazó kiselejtezett berendezések (HAK 16 02 13*) várhatóan nagy volumenű megjelenése, amihez jelenleg nem áll rendelkezésre megfelelő mértékű hazai kezelési infrastruktúra. Emellett a gyártástechnológiák és az alkalmazott akkumulátorkémiai gyors változása a hulladékáramok összetételének folyamatos változását eredményezi, ami a hulladékminősítés és az engedélyezési gyakorlat rendszeres aktualizálását indokolja. Az egyre olcsóbb típusú alapanyagok (pl. vas-foszfát-alapú akkumulátorok) alkalmazása gazdaságossági szempontból negatív hatású lehet a feldolgozás, illetve a szükséges beruházások esetében.

Összefoglalva megállapítható, hogy a magyarországi akkumulátorcella-gyártásból származó hulladékáramok kezelése jelenleg részben megoldott, azonban az iparág növekedési dinamikája, valamint az EU-s szabályozási környezet változásai miatt a következő években elengedhetetlenné válik:

- 1. egyes hulladékáramok hazai kezelőképességének bővítése,**
- 2. az új HAK-kódokkal összhangban álló minősítési és engedélyezési rendszer gyors adaptálása,**
- 3. a gyártók és a hulladékkezelők technológiai együttműködésének erősítése,**
- 4. a cellagyártási folyamatokhoz igazított, környezeti kockázatokat minimalizáló kezelési megoldások fejlesztése,**
- 5. az akkumulátor-iparági szereplők, a gyártók, hulladékkezelők, egyetemek és kutatóközpontok, valamint állami szabályozás összehangolt működésének biztosítása.**

A vizsgált hulladékáramok folyamatos mennyiségi és minőségi elemzése fontos alapot nyújt a hazai döntéshozók, ipari szereplők és kutatóhelyek számára a következő években várható hulladékmennyiségek megfelelő és fenntartható kezeléséhez. ●●●